

Gestión de residuos y producción de bloques con material reciclado in situ en una obra de escala intermedia en la ciudad de Buenos Aires, Argentina

Yajnes, Marta^{(1,*); Caruso, Susana}^{(1); Kozak, Daniel}^{(2); Kozak, Alejandra}⁽³⁾
Mühlmann, Susana⁽²⁾

(*)Universidad de Buenos Aires (UBA), Centro Experimental de la Producción (CEP),
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), meyararch@gmail.com
541149910465.

(1) UBA, CEP, FADU.

(2) UBA, Centro de investigación Hábitat y Energía (CIHE), FADU,

(3) Estudio Kozak

Resumen: Se describen operaciones de reciclaje de residuos in situ aplicados a la construcción de bloques de fachada de una vivienda multifamiliar. La etapa de capacitación y asesoramiento para la fabricación de mampuestos se basó en el abordaje del Centro Experimental de la Producción (CEP) perteneciente a la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad pública local. A partir de una tradición constructiva local cimentada en la mampostería, se empleó la investigación desarrollada en el citado CEP sobre mezclas de hormigones que incluyen restos de demoliciones y otros materiales reciclados como poliestireno expandido, seleccionados y procesados para mejorar el peso, las propiedades térmicas, reducción de huella de carbono al evitar traslado de materiales y uso de productos vírgenes, aliviando la estructura en general.

Palabras clave: Materiales, Sostenibilidad, Vivienda, Buenos Aires, Reciclaje

1 Introducción, Estado de la Cuestión, Criterios

Se presentan los avances en un caso de estudio constituido por una obra de escala media, con destino de vivienda multifamiliar, donde se pusieron en práctica principios elaborados y difundidos por el Centro Experimental de la Producción (CEP-FADU) y el Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHE-FADU). Particularmente, se trabajó en el diseño y la optimización de la envolvente, mediante la

gestión de residuos para la aplicación de demoliciones de la obra en la producción de materiales nuevos tendiente a la reducción del gasto energético, incrementando su capacidad térmica, con disminución de los traslados de material a la obra. A partir de la experiencia del CEP en el desarrollo de bloques cementicios con agregados reciclados, se diseñó un bloque tricapa, con una capa exterior de mortero de cemento y aditivo hidrófugo, alma aislante de hormigón de cemento con arena como agregado fino y cascotes y EPS triturado como agregados gruesos y una lechada de cemento para sellar la superficie y evitar desgranado en el manipuleo. Se procuró que el mampuesto tuviera peso y dimensiones similares a los de bloques disponibles en el mercado local, con mejores terminaciones, incluyendo la posibilidad de color, buñas, bordes biselados evitando la necesidad de revoques.

Por otro lado, ya que se trata de un edificio típico de la ciudad de Buenos Aires, sin presupuestos ni condiciones excepcionales, las conclusiones enfatizan la replicabilidad de esta experiencia y su potencialidad para transformarse en una práctica generalizada, con los consecuentes beneficios en términos de ahorro energético – durante la construcción y en el transcurso de la vida útil del edificio– y disminución de residuos de obra.

Si bien el campo de estudio e investigación sobre arquitectura bioambiental y luego sustentabilidad en arquitectura, cuenta ya con una importante tradición en Argentina –con equipos de trabajo y centros académicos fundados hace ya tres décadas– existen relativamente pocos ejemplos construidos. Por otro lado, la mayoría de los ejemplos realizados, y en general el estudio de este campo, oscilan entre los casos de edificios pequeños y aislados que requieren un alto nivel de autonomía energética, y los complejos edilicios o torres de gran escala –generalmente con usos comerciales o administrativos– que necesitan ineludiblemente reducir su gran demanda energética. Sin embargo, la gran mayoría de edificios de ciudades como Buenos Aires se encuentra precisamente entre estos dos extremos.

En estos objetivos se encuadra una de las líneas de investigación del CIHE, orientada a criterios de selección de materiales en el marco de la sustentabilidad, cuyos primeros resultados permitieron establecer pautas generales ya aplicadas en casos anteriores (Mühlmann et al, 2015) y que en el actual se expanden a certificaciones específicas para materiales y productos, tales como De la Cuna a la Cuna-C2C (McDonough Braungart, 2012) vinculada a LEED v4 y la Certificación Alemana de Construcción Sustentable (DGNB GmbH, 2016). La C2C se sintetiza en principios entre los que en el marco de esta investigación se distinguen:

1. Salud del material: Selección de materiales seguros y saludables. Diseño de productos seguros y saludables para seres humanos y ambiente desde producción a uso y reúso. Ingredientes perpetuamente aprovechados, ciclados y reciclados.

2. Reutilización del material: Eliminación del concepto “residuo” a través de un diseño que lo reemplace por “nutriente”, biológico (que vuelve a la tierra sin impacto) o tecnológico (que continúa indefinidamente en la cadena productiva) internacionales (aplicables en todo el mundo) para retener el valor completo del nutriente. 100 % de recuperación y posibilidad de reciclado.

La DGNB se centra en el rendimiento general de edificios o distritos sobre la base de cerca de 40 criterios diferentes, de los que acorde a este trabajo se destacan:

1. Creación de plan de residuos para evitarlos, reducirlos y reciclarlos.
2. Incorporación de conceptos de conversión y deconstrucción de edificios y plan de reciclaje de componentes en procesos de diseño para proteger recursos y materias primas, y mejorar productividad.
3. Desarrollo de plan de deconstrucción y desensamblaje para reducir volumen de flujo de materiales que produce la construcción, redirigirlo a un ciclo de producción permanente, evitando desperdicio con reducción del nivel de nocividad.
4. Aplicación de pautas específicas:
 - a. Homogeneidad en la elección de materiales.
 - b. Separabilidad de materiales.
 - c. Uso de materiales de construcción reciclables libres de contaminantes.

2 Objetivos

Presentar casos construidos que incorporan criterios de sustentabilidad en la selección de materiales existentes en el mercado local.

Introducir procesos innovativos, en el diseño y la producción de nuevos materiales, fabricados con la inclusión de residuos de la propia locación reciclados in situ, que aportan capacidad aislante térmica a la envolvente edilicia.

3 Metodología: Estudio de Caso

3.1 Análisis de casos post-ocupación y en fase de construcción con criterios de sustentabilidad en Arquitectura Urbana.

El desarrollo local de la arquitectura bioambiental y sustentabilidad en arquitectura no se refleja aún en nuestros mercados de materiales y productos para la construcción. En este contexto se propone examinar un caso en construcción en el que tanto las decisiones proyectuales como las de materialización en obra fueron procuradas con el objeto de alcanzar los mayores niveles de sustentabilidad posibles, ya que se sostiene que, inclusive en un entorno que no facilita la aplicación de criterios de sustentabilidad, es posible lograr mejoras significativas.

4 Edificio Olaya

4.1 Análisis preliminar y producción in situ de materiales con reciclados

Se trata de un edificio de planta baja y cuatro pisos, diseñado y construido por el Estudio Kozak, con terminación en el año 2016, cuyo diseño se basó en criterios de sustentabilidad en arquitectura urbana (Fig. 1).



Fig. 1 Exteriores y balcones. Fuente: los autores

La edificación existente en el terreno no cumplía con los requisitos normados en códigos edilicio y urbano vigentes ni con condiciones de buen estado ni seguridad en sus instalaciones. La principal innovación de la propuesta en este caso está dada por la producción de mampuestos in situ a partir de materiales reciclados de la demolición de estas construcciones. El proyecto fue realizado por el Estudio de arquitectura Kozak con el asesoramiento en Gestión de Residuos de las Arquitectas Yajnes y Caruso. La construcción del edificio comenzó en agosto de 2014 y su finalización está prevista para setiembre de 2016. Como resultado de la aplicación de los indicadores citados anteriormente, surge la necesidad de demoler la construcción existente para desarrollo de la nueva propuesta (Yajnes, Sutelman et al, 2014). La reutilización de los materiales demolidos es una cuestión de suma importancia en la actualidad.

4.2 Propuesta constructiva con Materiales Reciclados

De la demolición se reservó una parte de aproximadamente 28 m³ (12.000 kg) de cascotes, medido en su estado de demolición, para su reciclado y transformación de residuo en recurso como agregado grueso de hormigones a ser utilizado para la construcción de bloques no portantes. A partir de estudios en el CEP se seleccionaron dos mezclas para la fabricación de bloques de construcción para muros dobles exteriores. Se trata de bloques tricapa: capa exterior de mortero de cemento con la inclusión de aditivo hidrófugo y color a partir de ferrites, alma aislante de hormigón de cemento con arena como agregado fino y cascotes y EPS triturados como agregados gruesos, luego se aplica lechada de cemento para sellar la superficie y evitar desgranado en el manipuleo. Se buscó un mampuesto que tuviera peso y medidas similares a las de los bloques de mercado pero presentando terminaciones superiores a los mismos, incluyendo color, buñas y por sobre todo evitando la necesidad de revoques y otras tareas engorrosas de obra tanto por la inversión económica que implican como por los riesgos laborales. Se les aplica una mano de sellador o laca al agua para protección del acabado.

En la investigación en curso sobre el uso de cascote como agregado grueso, las incorporaciones se miden en kg, por ello se estudió la forma de medir en obra el volumen de demolición a reservar para la futura fabricación de bloques. Con este fin se retiró una muestra de escombros in situ, incluyendo todas las variantes existentes en cuanto al tamaño, forma y materiales originales (ladrillo hueco y común, revoques y mezclas de asiento), para luego pesarlo y estimar el volumen necesario. Las mediciones de la muestra indicaron 24,5kg de peso y 0,0424m³ de volumen, alcanzado un p.e. de 578kg/m³. Luego el material fue picado hasta pasar por el tamiz de 12.5mm y conservando su peso, su volumen pasó a 0,0297m³ con un p.e. de 826kg/m³. En otra etapa se separó el material pulverulento arrojando un volumen útil de 0,024m³ con un peso de 17,5kg y un p.e. de 728kg/m³, se consideró que podría utilizarse 1kg del material pulverulento en esa proporción. Como conclusión de este análisis se determinaron los 28m³ necesarios para cubrir la necesidad de 12.000kg. Una vez realizada la demolición se fabricó con dichos cascotes una tanda de bloques para realizar ensayos de aptitud en laboratorio certificado.

4.3 Definición del objeto Bloque e inserción en muro compuesto

La primera capa, o cara exterior, del bloque tricapa es de mortero de cemento con color en este caso gris claro obtenido con la combinación de cementos gris y blanco y aditivo hidrófugo MCI 1:3 de 1cm de espesor, la segunda capa o alma de hormigón con agregados gruesos de EPS y cascote triturados HEPS 1:1:1:3,75 de 12 cm y la tercer capa o cara interior de lechada de mortero de cemento MC 1:3 de

0,5cm. El muro luego se completa con cámara de aire con aislante térmico, barrera de vapor y muro interno de mampostería hueca de 08 revocada apto para ser canaleado para las instalaciones requeridas por el destino de vivienda urbana. Las capas exteriores se han realizado en morteros tradicionales de densidad 2000 kg/m³ por ser la forma en que se resuelven esos acabados localmente para obtener dureza superficial, la dosificación del alma responde a ensayos de composición realizados en el proyecto de investigación TRP19, con el cual se alcanzó por densidades y diseño constructivo del mismo en tricapa, la resistencia a compresión de 2,5 Mpa requerida por normas locales con un 20% de resguardo, alcanzando 3 Mpa así como la cantidad mínima de cemento de 300 kg/m³ de mezcla.

4.4 Proceso de producción

Capacitación inicial y avanzada en obra para bloques estándar (Fig. 2) La capacitación se llevó adelante en dos etapas, en una primera instancia se hizo una demostración del proceso de fabricación de 3 bloques –que luego fueron ensayados–, para los integrantes del estudio proyectista y de dirección de obra así como del contratista principal. Los materiales reciclados fueron llevados al sitio luego de ser procesados en laboratorio del CEP así como el resto de materiales vírgenes ingresaron a obra, ya fraccionados y pesados. Se trasladó equipo móvil de vibrado. En la capacitación final se trabajó ya con equipamiento adquirido por el Estudio en el caso de unidades estándar como por ejemplo la mesa vibradora y balanza de precisión o fabricado in situ en los casos de unidades especiales del sistema como tamices para EPS y cascotes triturados.

En este caso una de las investigadoras capacitó durante una semana a un oficial y un ayudante, con la intervención del director de obra.

- Preparación de moldes para el emprendimiento. Para lograr una mayor productividad se armaron dos moldes de tres bloques cada uno. El primero de ellos se construyó en obra durante la capacitación con material precortado por un proveedor, el segundo fue armado directamente por el personal capacitado in situ.

Preparación de interfaces: las piezas intermedias entre el colado y los moldes a efectos de su protección por un lado y requeridos para la terminación buscada, se cortaron y doblaron en laboratorio y unieron in situ. Están compuestos por lona de cartelería reutilizada obtenida de donaciones y bandejas de PVC cristal 0,5 virgen para la cara expuesta de los bloques



Fig. 2 Capacitación en obra: inicial (izq.) y en etapa de fabricación (der.). Fuente: los autores.

- Procesado materiales reciclados: Picado y tamizado de cascotes; Pesado cascote picado; Triturado y tamizado EPS, Medición en volumen de EPS triturado.
- Pesado materiales vírgenes (cemento, cales, arena, aditivos, colorantes, agua).
- Pre humectación de cascotes; Mezclado de EPS con agua más aditivos.
- Mezclando restos de materiales en seco; Mezclado de conjunto del hormigón.
- Preparación de morteros para terminaciones con sus aditivos y colorantes.
- Colado de capas.
- Curado; Desmolde; Estiba; Control de calidad y descarte piezas
- Limpieza del lugar, moldes y herramientas.

Una vez terminada la producción de bloques de cerramiento estándar, se trabajó con la capacitación y producción de los bloques “parapeto” utilizados como cerramiento calado de balcones y retiros. En este caso los bloques presentan dos perforaciones en lugar de las tres de los primeros bloques y lo más definitorio, 5 de sus 6 caras vistas con mortero de cemento combinado común y blanco. En este caso se trabajó con un único interfaz de PVC cristal y un molde interno de chapa.

4.5 Proceso de construcción en obra

Usualmente, en obras como la del presente caso de estudio, se dispone de embalajes de EPS o EPPOR en dos etapas: una durante la obra a partir de provisión y colocación por parte de la empresa constructora de los diferentes equipos del edificio, lo que representa un estimado de 2000 l de material ya procesado, y durante la etapa de mudanza y ocupación de los departamentos (embalajes de heladeras, lavarropas, etc.) representan otros 2000 l. Al inicio de la obra, se cuenta con este volumen de EPS de obras anteriores. Para completar los 40.000 l estimados para la fabricación de los bloques de muros exteriores, se propuso establecer una estrategia de logística de recolección con generadores como empresas cadenas vendedoras.

ras de electrodomésticos e hipermercados, laboratorios y cooperativas de recolección de residuos y puntos barriales de recolección sabatina de residuos para reciclado como la “Red de Puntos Verdes” del vecino barrio porteño de Flores. En todos los casos el desafío fue minimizar los movimientos especiales de traslado dado el volumen de las piezas y la cantidad de vacíos que presentan por su formato. Se concretó la vinculación a partir de la intervención de FADU Verde con el Hospital Italiano, sede CABA y el laboratorio Raffo Monteverde, en el primero de los casos se tomó ventaja de la cercanía con la obra (2 km) y en el segundo de la capacidad logística de la empresa citada. El material recolectado fue entregado a una diseñadora industrial microempresaria, que se capacitó en la FADU con las arquitectas a cargo de la asesoría técnica sobre gestión de residuos tanto en los procesos productivos como para el desarrollo del prototipo de máquina trituradora tamizadora, que perfeccionó a partir de su cursada en Tecnología IV Louzau. Se aprovecharon los viajes microempresa - obra para el intercambio del EPS en formatos residuos y recursos, favoreciendo la cadena de vinculación universidad - sistema productivo edilicio.

Los bloques producidos in situ se utilizaron para cerramiento de frentes a la calle y planta baja, completando el círculo virtuoso de obtención de materia prima, acopio, preparación, capacitación, moldeo, estiba y puesta en uso, dentro de la misma obra, aspirando a disminuir costos económicos y ambientales.

4.6 Justificación de incorporación EPS triturado en la mezcla

Las mezclas convencionales, obtenidas a partir de la incorporación de cascote picado como agregado grueso, generan pesos específicos que difícilmente bajan de 1300 kg/m³, lo cual resulta poco apropiado para los objetivos de obtener productos competitivos en peso y aislación térmica. A partir de la investigación del proyecto SI TRP19 se obtuvieron diferentes resultados con fórmulas que combinan EPS triturado y cascote. Para este proyecto se optó dentro del abanico de mezclas disponibles, por aquellas que tienen como ligante uno de carácter pastoso preferido por su trabajabilidad por el contratista con densidad de 900 kg/m³, denominada TRPN°1. La dosificación es 1:1:1:3,25 correspondiendo a cemento, arena y cascote respectivamente en kilos y EPS medido en litros. Cada alma de bloque de 12cm de espesor contiene 2 kg de cemento, arena y cascote y 7,5 litros de EPS aditivado. Las caras superficiales corresponden a mortero de cemento 1:3 con espesores de 1 cm al exterior y 0,5 cm al interior. Los muros son dobles; sobre los bloques construidos in situ se dispuso una capa hidrófuga, más una de aislación térmica de 3cm, ladrillo hueco de 12cm y terminaciones. Un muro construido con el bloque de 13 cm de espesor tiene un valor U inferior en 29% al de un bloque cerámico según cálculos propios en base a valores tabulados en Normas locales y a ensayos realizados por el INTI a La Pastoriza y aprobados por la DGFOC (GCBA, 2005). Respecto al EPS, el reciclado de este material desarrolló una dinámica en

los últimos tiempos que hace modificar la mirada sobre este insumo. El GCBA lo incorporó dentro de los materiales que recibe en sus Centros Verdes, con empresas y particulares que lo muelen y comercializan, habiendo adquirido un valor de venta similar al de la arena.

4.7 Ensayos de bloques y morteros de asiento

Tres bloques fueron ensayados en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) para Resistencia a la Compresión con resultados promedio de 3,10 Mpa, resultando aptos para muros no portantes.

Según la opinión de expertos en comportamiento de materiales como el arquitecto John Martin Evans, el buen funcionamiento de un cerramiento se basa en evitar diferentes contracciones de mampuestos y mezclas. Para llegar a cumplir con ese objetivo se desarrollaron en laboratorio del CEP diferentes mezclas de asiento sobre la base de las proporciones sugeridas por normas CIRSOC 501, y se reemplazó una proporción de áridos convencionales como la arena por EPS triturado. Se realizaron ensayos a compresión preliminares en laboratorio de la Universidad de Oviedo, Escuela Politécnica de Ingeniería bajo la supervisión del Doctor Ingeniero Fernando López Gayarre. En función de dichos ensayos se preseleccionó la mezcla de dosificación 1:1/2:3:3 siendo sus componentes en ese orden, cemento, cal hidráulica, arena y EPS triturado a 6mm con consumos indicativos por m³ de 315, 157,5 y 945 kilos respectivamente y 945 litros de EPS con el agregado de 2 kg por m³ de fibras plásticas. En cuando al uso de fibras se ensayaron fibras de vidrio y plásticas y no presentando mayores ventajas de resistencia a compresión las primeras se optó por las segundas por su condición de amigabilidad de manipulación.

5 Datos técnicos de los materiales

Dimensiones de los bloques: largo 40 cm, alto 17,5 cm, espesor 13,5 cm.

Formato bloques de cerramiento de muros: prismáticos con 3 perforaciones de alivianamiento y posibilidad de rellenos para refuerzos y vinculaciones.

Formato bloques de parapetos: prismáticos con 2 perforaciones de alivianamiento y posibilidad de rellenos para refuerzos y vinculaciones. Todas sus caras vistas.

Ensayos relacionados con fuego de la mezcla de alma de hormigón liviano: Densidad óptica de humos Nivel 1: Materiales que generan Baja cantidad de Humos8

Ensayos en INTI Buenos Aires. Propagación de llama, método placa caliente RE 2 / A Materiales Muy Baja propagación llama 6 Ensayos en INTI Buenos Aires.

Resistencia mecánica de los bloques: 3 Mpa. 3 Ensayos INTI Buenos Aires.

Porosidad: ensayos en CEP donde se constató la menor absorción de la mezcla en relación a mampuestos tradicionales cerámicos, de hormigón y concreto celular.

Metros cuadrados construidos: 60 m² de muros y 13 m² de parapetos.

Tiempo de capacitación: 1 semana.

Tiempo de fabricación: 1 mes por dos personas, un medio oficial y un ayudante.

6 Conclusiones

La principal innovación de la obra de Olaya consistió en el diseño y la producción de los bloques descritos en esta ponencia. Ceñidos por las restricciones presupuestarias, y de recursos en general, que habitualmente condicionan a las obras de escala intermedia en nuestro medio, se logró materializar una envolvente que minimiza considerablemente el impacto ambiental del nuevo edificio.

Entre las dificultades encontradas durante el proceso de construcción, las principales estuvieron relacionadas con la adaptación del prototipo desarrollado en el laboratorio del CEP a las condiciones de la obra –para que los moldes extiendan su vida útil, por ejemplo–, y principalmente en la optimización de los tiempos de producción. Las estimaciones originales en cuanto al tiempo, y consecuentemente los costos, insumidos en la fabricación de los bloques fueron demasiado optimistas. Por este motivo, durante la obra se tomó la decisión de acotar la producción de bloques a los estrictamente necesarios para resolver la envolvente del frente en su totalidad, junto con los muros de la planta baja.

Como resultado se obtuvo una fachada con excelentes características de aislamiento termo-acústicas, cuya construcción produjo una disminución muy significativa en el impacto ambiental de la obra, con menos residuos producidos por la obra, menos energía insumida en traslados de materiales, la utilización de material reciclado y, principalmente, con menos demanda de energía para el acondicionamiento térmico del edificio durante su vida útil.

Para finalizar, en este caso, la selección de materiales se relacionó directamente con criterios de reciclaje y aprovechamiento de los residuos de la propia obra o de obras anteriores, en un proceso que se desarrolló desde las etapas proyectuales hasta la concreción de la misma, apuntando a la puesta a punto de pautas técnicas y metodológicas que sirvan de paradigma en futuras construcciones, basándonos en una filosofía que promueve la mejora en la calidad de vida de las personas y la preservación de nuestras fuentes de recursos.

7 Citas y Referencias

Garzón B.(2007) Arquitectura bioclimática. Edit. Nobuko, Buenos Aires

- López Gayarre et al., (2013). Manufacture of concrete kerbs and floor blocks with recycled aggregate from C&DW. *Construction and Building Materials*
- Mühlmann S, Kozak D, Yajnes M, Caruso S. (2015) Aplicación de criterios de sostenibilidad en viviendas multifamiliares urbanas de escala media: presentación de dos casos en Buenos Aires, Argentina. II Congreso Internacional y IV Nacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-Eficientes, Sevilla

8 Bibliografía

- Barbudo Muñoz, M. A. (2012). Aplicaciones de los áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición en la construcción de infraestructuras viarias.
- Behera, M., Bhattacharyya, S. K., Minocha, A. K., Deoliya, R., & Maiti, S. (2014). Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete—A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. *Construction and building materials*, 68, 501-516.
- Escandón Mejía, J. C. (2011). Diagnóstico técnico y económico del aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en edificaciones en la ciudad de Bogotá.
- Jiménez, J. R., Ayuso, J., López, M., Fernández, J. M., & De Brito, J. (2013). Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. *Construction and Building Materials*, 40, 679-690.
- Juan, A., Medina, C., Morán, J. M., Guerra, M. I., M@ Isabel Sanchez De Rojas, Frías, M., ...& Aguado, P. J. (2010). Re-use of ceramic wastes in construction. INTECH Open Access Publisher.
- Lovato, P. S., Possan, E., Dal Molin, D. C. C., Masuero, Â. B., & Ribeiro, J. L. D. (2012). Modeling of mechanical properties and durability of recycled aggregate concretes. *Construction and Building Materials*, 26(1), 437-447.
- Martín-Morales, M., Zamorano, M., Ruiz-Moyano, A., & Valverde-Espinosa, I. (2011). Characterization of recycled aggregates construction and demolition waste for concrete production following the Spanish Structural Concrete Code EHE-08. *Construction and building materials*, 25(2), 742-748.
- Mueller, A., Schnell, A., & Rübner, K. (2015). The manufacture of lightweight aggregates from recycled masonry rubble. *Construction and Building Materials*, 98, 376-387.
- Neno, C., Brito, J. D., & Veiga, R. (2014). Using fine recycled concrete aggregate for mortar production. *Materials Research*, 17(1), 168-177.
- Ribas, L. F., Cordeiro, G. C., Vieira, A. K., & Vieira, R. K. (2012). A Methodology for Collection of Residential Construction Residue in Manaus. *Journal of Environmental Science and Engineering, A*, 1(9A), 1149.
- Rodrigues, F., Carvalho, M. T., Evangelista, L., & de Brito, J. (2013). Physical-chemical and mineralogical characterization of fine aggregates from construction and demolition waste recycling plants. *Journal of Cleaner Production*, 52, 438-445.
- Rojas, Á. V. P. (2012). Uso de triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto. *Ingenium*, 13(26), 116-125.
- Safiuddin, M., Jumaat, M. Z., Salam, M. A., Islam, M. S., & Hashim, R. (2010). Utilization of solid wastes in construction materials. *International Journal of Physical Sciences*, 5(13), 1952-1963.
- Solís-Guzmán, J., Leiva, C., Martínez-Rocamora, A., Vilches, L. F., Alba-Rodríguez, D., Arenas, C. G., & Marrero, M. (2015). Recycling of Wastes into Construction Materials. In *Environmental Implications of Recycling and Recycled Products* (pp. 51-78). Springer Singapore.

- Yeheyis, M., Hewage, K., Alam, M. S., Eskicioglu, C., &Sadiq, R. (2013). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 15(1), 81-91.
- Zimbili, O., Salim, W., &Ndambuki, M. (2014). A review on the usage of ceramic wastes in concrete production. *International Journal of Civil, Architectural, Structural and Construction Engineering*, 8(1), 91-95.

Publicaciones online

- Azqueta P. (2000) Hormigones livianos a base de poliestireno expandido. <http://www.aislarbien.com.ar/docs/nove6-03/HORMIGONES%20LIVIANOS.pdf>. Accessed Jul 2016
- Contreras Lojano C. (2012) Concreto con áridos reciclados. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/535>. Accessed 24 Feb 2014
- Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca (2012). Decreto 112/2012, de 26 de junio. Boletín Oficial del País Vasco, España. N° 171. <https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/bopv2/datos/2012/09/1203962a.pdf>. Accessed 25 Jul 2016
- Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen DGNB (2016) http://www.dgnb-system.de/en/system/certification_system/ Accessed 19 Jul 2016
- European Commission Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste –SR1 (2011) Final Report Task 2. http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011_CDW_Report.pdf. Accessed 25 Jul 2016
- GCBA, Dirección de Fiscalización de Obras y Catastro (2005). Buenos Aires. <http://lapastoriza.com/pdf/pdf-bp.pdf>. Accessed 25 Jul 2016
- IHOBE.(2011) Usos de áridos reciclados mixtos procedentes de Residuos de Construcción y Demolición, Soc. Pública de Gestión Ambiental. Bilbao, España. <http://www.caminospaisvasco.com/Profesion/documentostecnicos/usuariosaridos>. Accessed 25 Jul 2016
- McDonough Braungart (2012) Overview of the Cradle to Cradle Certified CM Product Standard, Version 3.0 - 2.2 Standard Categories and Their Scope, pág7. http://epea-hamburg.org/sites/default/files/Certification/C2CCertified_V3_Overview_121113.pdf. Accessed 09 Jul 2016
- Reglamento Argentino de Estructuras de Mampostería CIRSOC 501: <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/501.htm>
- Yajnes, Sutelman et al (2014), [http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/El camino del Cascote en Buenos Aires, Argentina](http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/pdf/El%20camino%20del%20Cascote%20en%20Buenos%20Aires.pdf).

Agradecimientos

Esta investigación se encuadra en los Proyectos de Investigación UBACyT 20020130100827BA “Reducción de emisiones GEI, gases efecto invernadero, en el sector vivienda” CIHE-SI-FADU-UBA, Director: Dr. Arq. John Martin Evans y UBACyT 20020130200132BA “Desarrollo de materiales sustentables con la incorporación de cascotes, EPS, materiales naturales y papel provenientes de RSU y RCD en hormigones con la misión de generar productos aptos para uso en emprendimientos sociales y generación de empleos verdes” CEP, Dirección Arq. Marta Edith Yajnes, ambos de la Universidad de Buenos Aires.